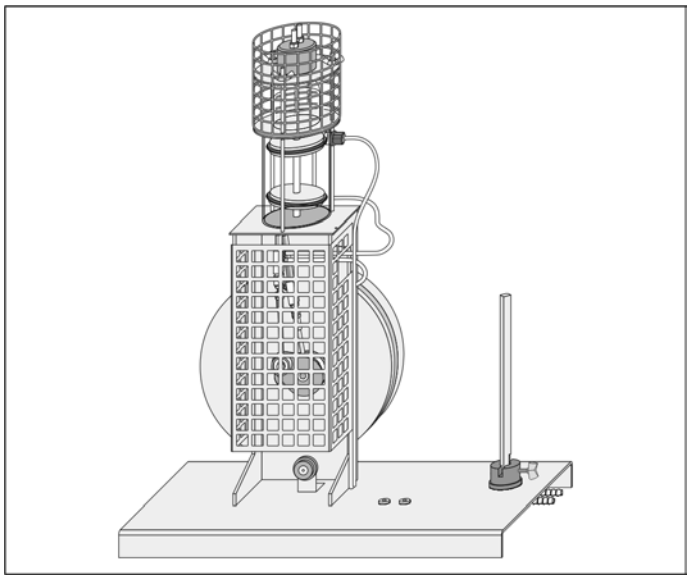
Lehr– und Didaktiksysteme
LD Didactic GmbH
Leyboldstrasse 1 · D-50354 Huerth

06/05-Hke/Sel



Mode d'emploi 388 182

Moteur à air chaud (388 182)

1 Description

Le moteur à air chaud est une simulation optimisée du moteur à air chaud de Stirling spécialement conçue pour l'enseignement, avec un cylindre en verre et un piston de refoulement en verre: il sert à l'étude qualitative et quantitative des processus dans un cycle thermodynamique et peut fonctionner en moteur thermique ou en pompe en chaleur et en machine frigorifique.

2 Fournitures

1 moteur à air chaud
1 couvercle pour cylindre avec filament chauffant, monté
1 tube protecteur, pour filament chauffant
1 couvercle pour cylindre avec joint fileté
1 jeu de 10 tubes à essai
1 fil de demonstration (comme frottoir)
1 courroie de transmission
1 poignée
1 tige carré
1 flacon d'huile de silicone, 20 ml (388 21)

Remarques de sécurité

Les éléments en verre ne doivent pas être soumis à une charge thermique trop importante.

- Ne pas faire fonctionner le moteur à air chaud sans eau de refroidissement et s'assurer du bon fonctionnement du circuit d'eau de refroidissement.
- Veiller à ce que l'eau de refroidissement ne chauffe pas à plus de 30 °C.
- Ne pas chauffer le filament chauffant à de fortes températures (jaune orangé) en fonctionnement permanent et ne le chauffer que lorsque le moteur tourne vite.

Le moteur à air chaud fonctionnant en moteur thermique ne démarre pas automatiquement et s'arrête, par exemple après une coupure de courant. Un blocage des tiges des pistons et des roulements peut également susciter un arrêt du moteur. En cas d'arrêt, la chaleur délivrée à la tête du cylindre n'est pas suffisamment dissipée.

- Lorsque la machine est à l'arrêt, ne pas chauffer la tête du cylindre en permanence.
- Ne faire fonctionner le moteur à air chaud que sous surveillance.
- En cas d'arrêt du moteur, immédiatement arrêter le chauffage électrique.
- Protéger les tiges des pistons et les roulements contre l'accès par des personnes non autorisées par la mise en place de la grille de protection.

Les éléments en verre ainsi que les tiges des pistons et les roulements du moteur à air chaud risquent d'être endommagés en cas de transport inadéquat.

- Pour le transport, toujours s'emparer du moteur à air chaud par le socle.

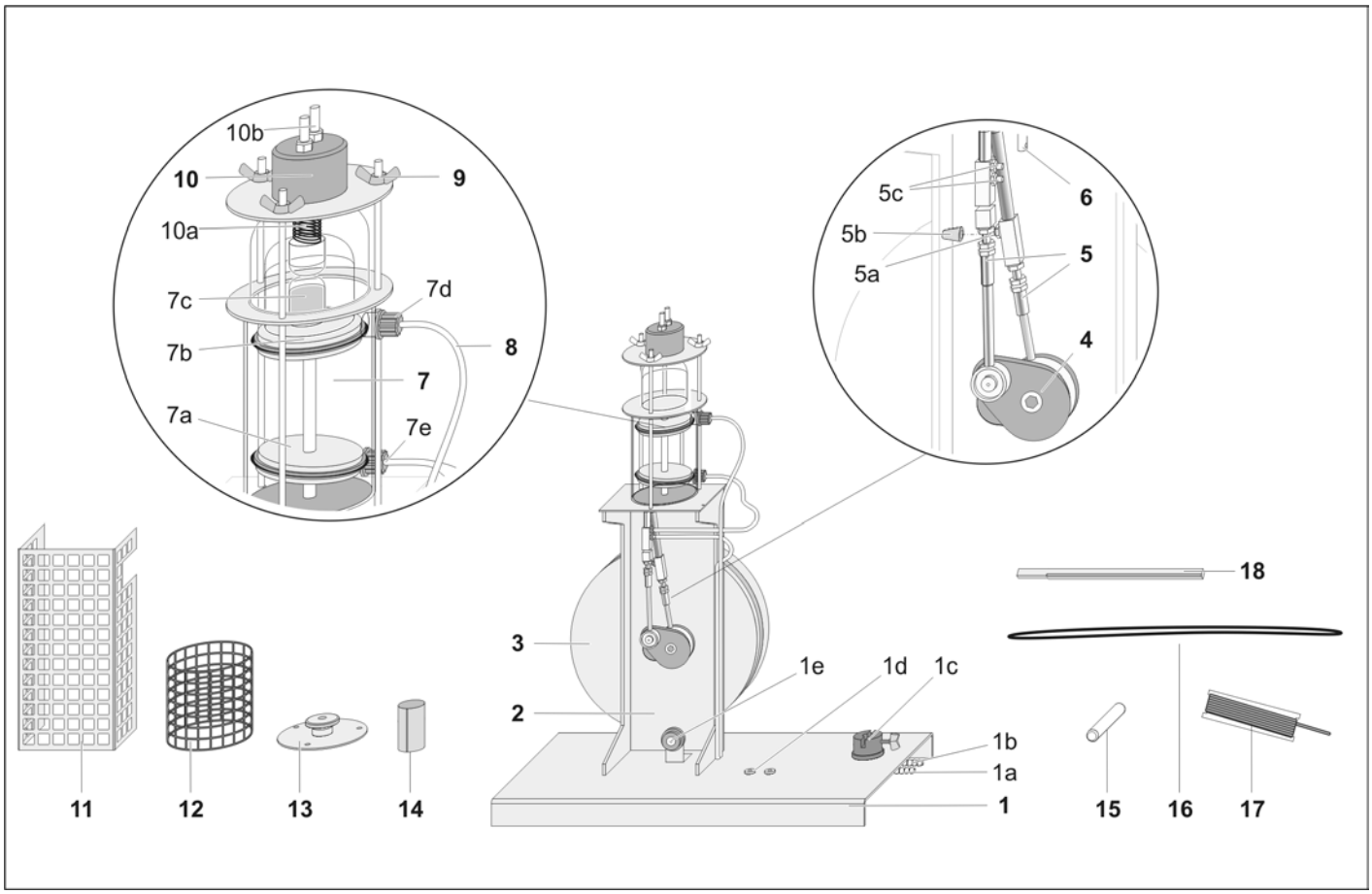
Les deux pistons du moteur à air chaud doivent être régulièrement lubrifiés avec de l'huile de silicone et appliqués hermétiquement contre la paroi du cylindre. En cas de lubrification insuffisante, le moteur devient bruyant et ne fonctionne plus qu'à vitesse de rotation réduite.

- Lubrifier le moteur à air chaud avec de l'huile de silicone tout particulièrement lors de la première mise en service et après une inutilisation prolongée.

Attention: le couvercle pour cylindre et les douilles de raccordement chauffent énormément lors d'une utilisation prolongée à puissance de chauffe maximale.

- Monter la grille de protection du cylindre.
- Laisser refroidir le moteur à air chaud avant d'enlever les câbles de connexion ou avant de changer le couvercle pour cylindre.

3 Composants



1 **Socle**
Ecoulement de l'eau de refroidissement (1a), amenée de l'eau de refroidissement (1b), noix (1c), trous de 4mm (1d), poulieder en voi (1e)

2 **Support**

3 **Volant moteur**

4 **Vilebrequin**

5 **Tiges de pistons**
Collier de serrage pour capteur de pression (5a), bouchon (5b), colliers de serrage pour eau de refroidissement (5c)

6 **Tige avec oeillet**, reliée au piston de travail

7 **Cylindre**
Piston de travail (7a), piston de refoulement (7b), laine de cuivre (7c), écoulement de l'eau de refroidissement (7d), amenée de l'eau de refroidissement (7e)

8 **Tuyau d'eau de refroidissement**, avec filetages GL14

9 **Tiges filetées**, avec écrous à oreilles

10 **Couvercle pour cylindre**
avec filament chauffant (10a), douilles de raccordement (10b)

11 **Grille de protection du support**

12 **Grille de protection du cylindre**

13 **Couvercle pour cylindre avec joint fileté**

14 **Tube protecteur**, pour filament chauffant

15 **Poignée**

16 **Courroie de transmission**

17 **fil de demonstration**

18 **tige carré**

4 Caractéristiques techniques

Moteur thermique:

Puissance:	env. 10 W
Puissance de chauffe:	env. 300 W
Tension d'alimentation:	6 à 20 V

Pompe à chaleur et machine frigorifique:

Température maximale:	env. 100 °C
Température minimale:	env. - 30°C

Cylindre:

Diamètre intérieur:	60 mm
Volume de gaz minimal:	env. 200 cm^3
Volume de gaz maximal:	env. 350 cm^3
Cylindrée:	env. 150 cm^3
Compression:	env. 1:2,1

Volant moteur:

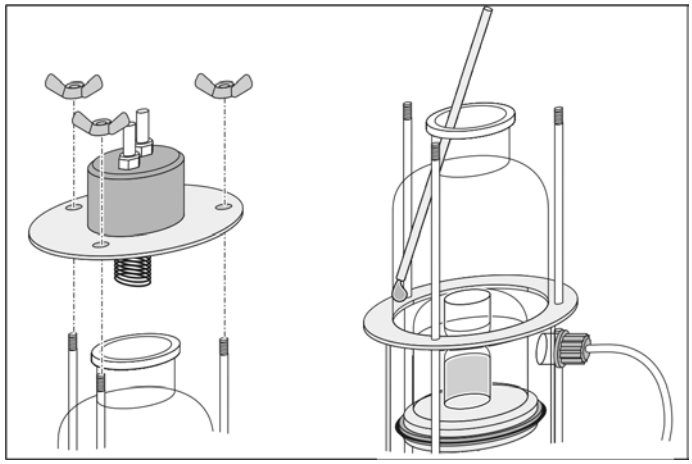
Diamètre extérieur:	25 cm
Diamètre de l'arbre:	2,5 cm
Poids:	4,25 kg
Moment d'inertie:	0,043 kg m^2

Caractéristiques générales:

Circuit d'eau de refroidissement:	0,1 à 1 l min^{-1}
Dimensions:	50 cm × 25 cm × 65 cm
Poids:	15 kg

5 Mise en service

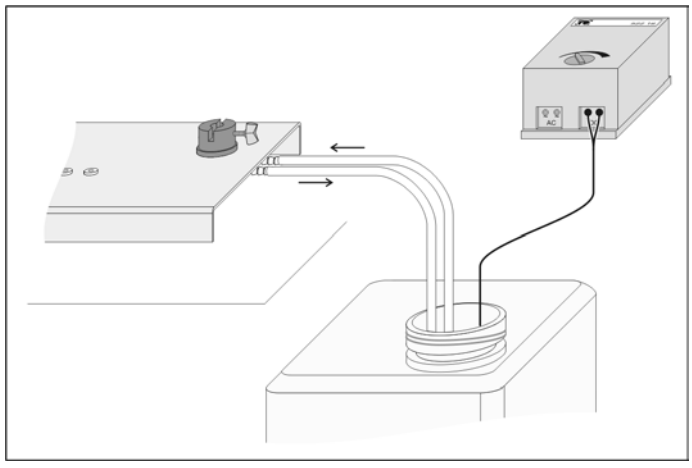
5.1 Lubrification



Les deux pistons du moteur à air chaud doivent être régulièrement lubrifiés avec de l'huile de silicone. En cas de lubrification insuffisante, le moteur devient bruyant et ne fonctionne plus qu'avec une vitesse de rotation réduite. La lubrification est nécessaire notamment pour la première mise en service et après une inutilisation prolongée.

- Enlever les écrous à oreilles des tiges filetées et retirer le couvercle pour cylindre.
- Amener le piston de refoulement au point mort bas en faisant tourner le volant moteur.
- Utiliser une paille pour prélever du flacon une goutte d'huile de silicone (matériel fourni avec le moteur à air chaud).
- Placer l'huile de silicone dans le cylindre et la répartir sur la paroi intérieure de manière à ce qu'elle s'écoule vers le bas sur le joint supérieur et que, vu que le joint n'est pas parfaitement étanche, elle parvienne aussi au joint inférieur en peu de temps.

5.2 Alimentation en eau de refroidissement:



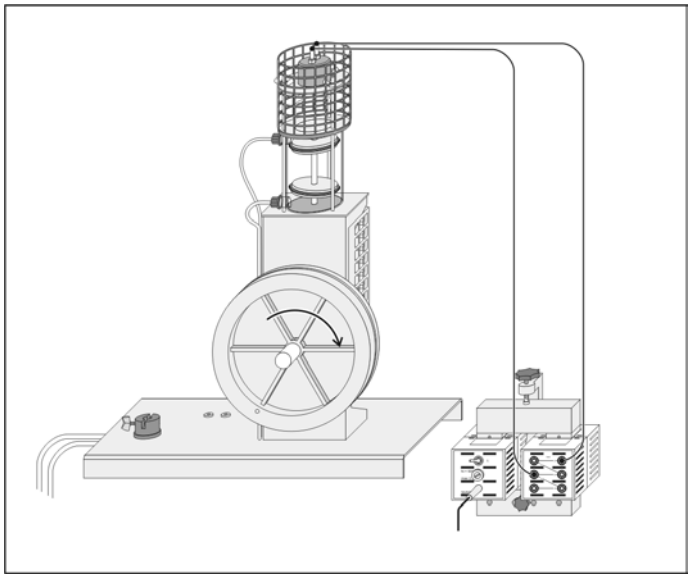
Matériel supplémentaire nécessaire:

1 pompe submersible 12 V	388 181
1 alimentation très basse tension, 3,6,9,12 V	522 16
2 tuyaux en silicone, 1 m	667 194

1 récipient d'eau (au moins 10 l)
ou
raccord d'alimentation en eau courante et écoulement d'eau.

6 Le moteur à air chaud comme moteur thermique

6.1 Fonctionnement en moteur thermique:



Matériel supplémentaire nécessaire:

1 noyau en U avec joug	562 11
1 agrafe d'assemblage	562 12
1 bobine secteur de 500 spires pour 230 V	562 21
1 bobine très basse tension, 50 spires	562 18

- Monter le couvercle pour cylindre avec filament chauffant tout en faisant attention au repère.
- Faire tourner le volant moteur et vérifier l'étanchéité du moteur à air chaud; si besoin est, fermer le collier de serrage pour le capteur de pression avec un bouchon.
- Brancher la sortie 12 V du transformateur démontable aux douilles de 4 mm du couvercle pour cylindre.
- Enclencher la bobine secteur tout en observant le filament chauffant.

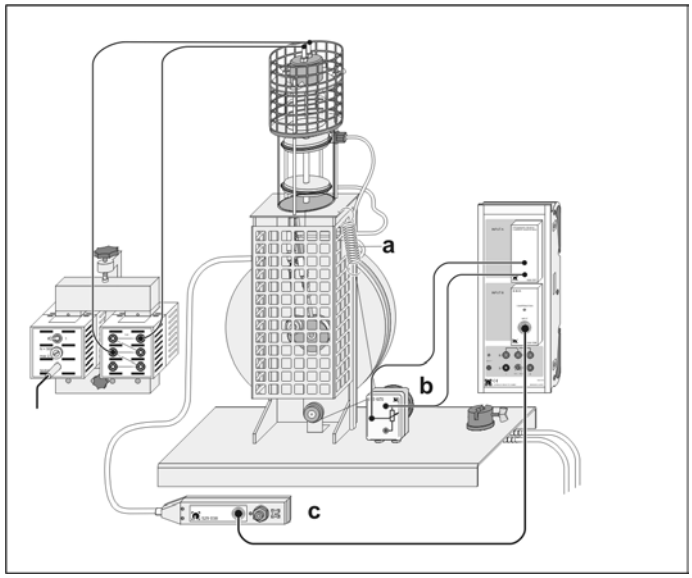
Dès que le filament chauffant du couvercle pour cylindre devient rouge incandescent:

- Lancer le moteur à air chaud en faisant tourner le volant moteur dans le sens rétrograde.

Si le moteur à air chaud ne démarre pas malgré plusieurs tentatives de lancement:

- Impérativement mettre la bobine secteur hors service et vérifier le montage.

6.2 Tracé du diagramme pV:

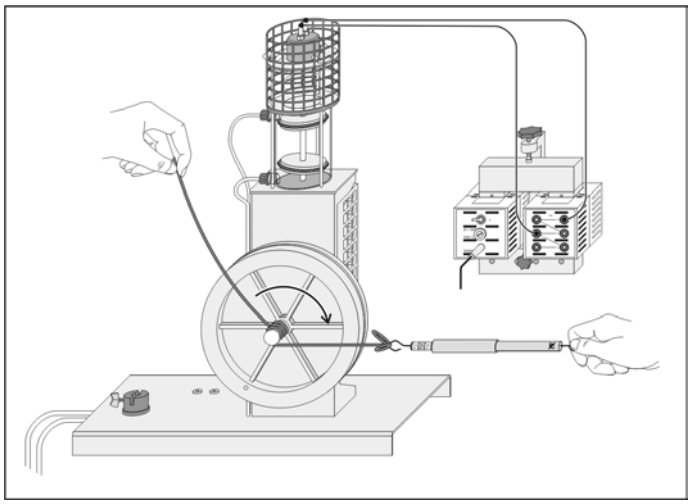


Matériel supplémentaire nécessaire:

1 Sensor-CASSY	524 010
1 CASSY Lab	524 200
1 adaptateur source de courant	524 031
1 adaptateur B	524 038
1 capteur de déplacement	529 031
1 capteur de pression	529 038
1 câble de connexion à 6 pôles, 1,5 m	501 16
1 fil de pêche, 10 m	309 48
1 ressort à boudin, 5 N; 0,25 N/cm	352 08

- Enlever le bouchon et enfiler le tuyau du capteur de pression **(c)** de manière à ce qu'il soit bien en place.
- Accrocher le ressort à boudin **(a)** dans l'oeillet du support et monter le capteur de déplacement **(b)**
- Attacher le fil de pêche à la tige avec oeillet en faisant un nœud et l'amener au capteur de déplacement via la poulie de renvoi puis fixer l'autre extrémité au ressort à boudin.
- Brancher le capteur de déplacement à l'adaptateur source de courant et le capteur de pression à l'adaptateur B du Sensor-CASSY.

6.3 Ralentir le moteur thermique:



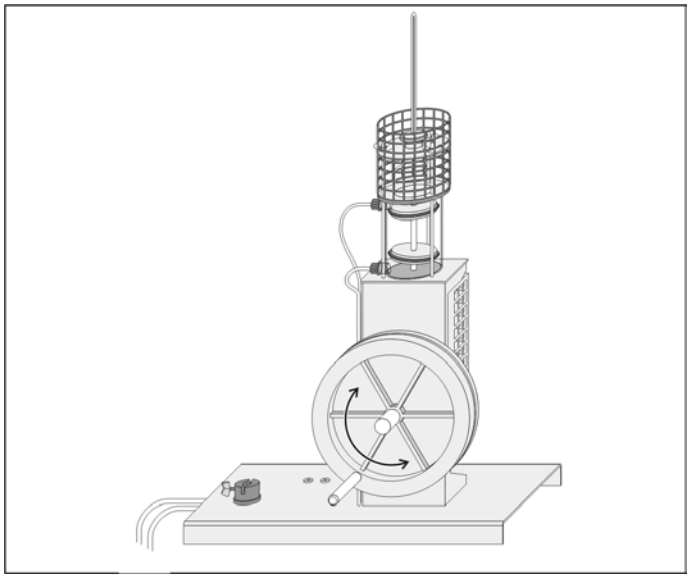
Matériel supplémentaire nécessaire:

1 dynamomètre de précision, 20 N	314 181

- Comme frottoir couper un fil de demonstration d'environ 1,5 m de long, nouer un bout à une œillet et accrocher le dynamomètre.
- Tenir le dynamomètre avec la main droite et enrouler le frottoir de bas avec la main gauche trois fois environ en sens de rotation autour du vilebrequin.
- Ralentir la machine à environ la moitié de la vitesse de ralenti, lire la force *F* nécessaire et en évaluer le couple du moteur thermique.

7 Le moteur à air chaud comme pompe à chaleur et comme machine frigorifique

7.1 Entraînement à la manivelle:



Matériel supplémentaire nécessaire:

1 thermomètre, -50°C à 120°C	388 19
ou	
1 thermomètre numérique	666 190
1 thermocouple NiCr-Ni	666 193

- Monter le couvercle pour cylindre avec bouchon fileté et dévisser le bouchon fileté.

- Enfoncer le thermomètre dans le bouchon fileté et le joint.

ou

- Installer la plaque d'étanchéité avec perçage et enfoncer le thermocouple dans le bouchon fileté et dans le perçage.

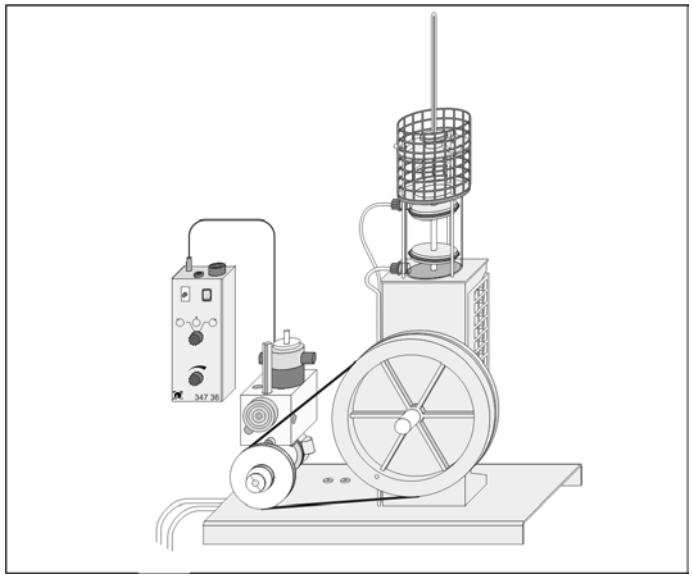
- Amener le piston de refoulement au point mort haut en faisant tourner le volant moteur et vérifier si la laine de cuivre dans le piston de refoulement bute contre le thermomètre ou le thermocouple.
- Fixer le thermomètre ou la plaque d'étanchéité avec le thermocouple en vissant le bouchon fileté.

Une surpression s'établit lors du fonctionnement du moteur à air chaud et les éléments risqueraient d'être éjectés vers le haut.

- Faire tourner le volant moteur et vérifier l'étanchéité du moteur à air chaud; éventuellement utiliser le bouchon pour fermer le collier de serrage pour le capteur de pression.

- Enficher la manivelle sur le volant moteur et faire fonctionner le moteur à air chaud comme une machine frigorifique en faisant tourner le volant moteur vers la droite et comme une pompe à chaleur en le faisant tourner vers la gauche.

7.2 Entraînement avec le moteur d'expériences:

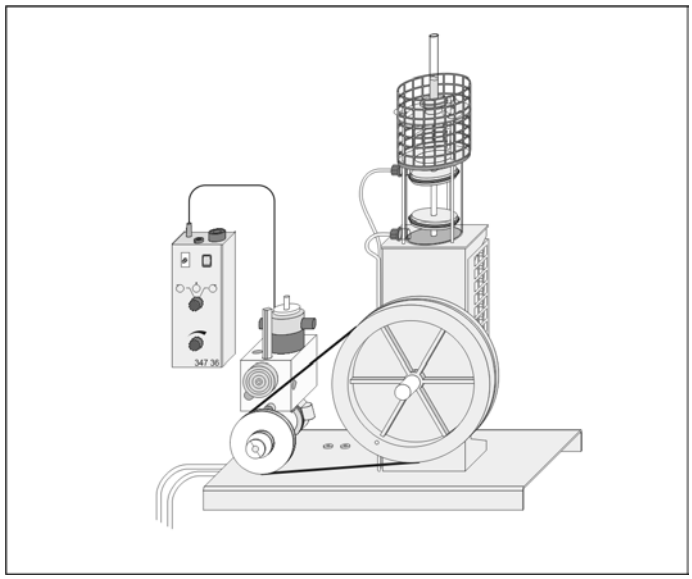


Matériel supplémentaire nécessaire pour l'entraînement:

1 moteur d'expériences	347 35
1 appareil de commande et de régulation	347 36

- Serrer le « bout court » du tige carré dans la noix.
- Monter le moteur électrique au tige carré, tendre la courroie de transmission sur le volant moteur. Faire tourner le moteur à air chaud vers la droite ou vers la gauche à l'aide de l'appareil de commande.

7.3 Refroidissement et chauffage de l'eau:



- Remplacer le thermomètre dans le couvercle pour cylindre par un tube à essai (inclus au matériel fourni avec le moteur à air chaud).
- Remplir le tube à essai avec 0,5 à 1,0 cm 3 d'eau distillée.

L'eau peut être refroidie en dessous du point de congélation et chauffée jusqu'au point d'ébullition.

©by LD Didactic GmbH

Printed in the Federal Republic of Germany
Technical alterations reserved